

团体标准

T/CAMET XXXXX. 3—XXXX

轨道交通 双流制技术要求 第3部分：设施及装备

Rail transit—Technical specifications for dual traction power supply modes
—Part 3: Facilities and equipment

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利信息联通支持性文件一并附上

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 缩略语	3
5 总体要求	4
5.1 使用条件	4
5.2 一般规定	5
6 双流制车辆	6
6.1 高压系统	6
6.2 双流牵引系统	8
6.3 列车控制和管理系统	9
6.4 司机操作布置	10
6.5 互联互通要求	10
6.6 救援	11
7 双流转换设施	11
7.1 一般规定	11
7.2 双流转换接触网设备	11
7.3 一体化交直流自动切换装备	11
7.4 双流转换区段标志标识	11
8 专用检修设施及装备	12
8.1 限界检测车	12
8.2 智能检修运维设施	12
8.3 试验线	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是T/CAMET XXXX《轨道交通 双流制技术要求》的第3部分。T/CAMET XXXX已经发布了以下部分：

- 第1部分：工程设计；
- 第2部分：施工及验收；
- 第3部分：设施及装备；
- 第4部分：运营及维护。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国城市轨道交通协会设计咨询专业委员会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：重庆交通建设管理有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、中铁二院工程集团有限责任公司、重庆市轨道交通设计研究院有限责任公司、中车青岛四方车辆研究所有限公司、西南交通大学、重庆中车长客轨道车辆有限公司。

本文件主要起草人：马虎、李雪飞、王猛、高登科、何昌艳、陈静、孙文斌、张玉光、邢江、肖静飞、雷霆、曾凡飞、王孔明、陈民武、姚鸿洲、姚平、赵洪涛、李海博、李欣励

引 言

为推动构建“一张网、多模式、全覆盖”的“四网融合”、运行高效的多层次轨道交通一体化发展体系，提升中心城区与外围核心功能组团间的出行效率和能力，经广泛调查研究，借鉴国外成功的案例和国内实践经验，对双流制轨道交通关键技术进行专题研究和试验验证，并广泛吸取全国有关单位和专家意见，经过反复论证，制定本文件。

本文件共 8 章，由范围、规范性引用文件、术语和定义、缩略语、总体要求、双流制车辆、双流转换接触网设备和专用检修设施及装备组成。文件对双流车辆、双流转换设施、双流专用检修设施等作了相应规定，其他常规专业直接引用国家、行业标准的规定。

同时，双流制技术主要用于解决市域与地铁贯通运营、互联互通的实际需求，因此，本文件对互联互通运营时的基本要求以及救援也进行了规定。

T/CAMET XXXX《轨道交通 双流制技术要求》旨在规范双流制轨道交通的工程设计、施工及验收、设施及装备、运营及维护，由下面四个部分组成：

- 第 1 部分：工程设计，对双流制轨道交通的工程设计进行了规定。
- 第 2 部分：施工及验收，对双流制轨道交通的施工、联调、验收及移交进行了规定。
- 第 3 部分：设施及装备，对双流制轨道交通的车辆、双流转换设施及检修装备进行了规定。
- 第 4 部分：运营及维护，对双流制轨道交通的运营组织、设备设施运行维护进行了规定。

轨道交通 双流制技术要求 第3部分：设施及装备

1 范围

本文件规定了双流制轨道交通设施及装备的基本要求。

本文件适用于最高运行速度在80km/h～160km/h范围内、采用车上切换、AC25kV / DC1500V双流牵引供电制式、架空接触网授电的钢轮钢轨双流制轨道交通系统设施及装备的技术要求。

注：设施是指与双流制相关的地面及场段设施，装备是指适合双流制供电的双流制列车。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 146.1 标准轨距铁路限界 第1部分：机车车辆限界
- GB 311.1 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则
- GB/T 1402 轨道交通 牵引供电系统电压
- GB/T 1985 高压交流隔离开关和接地开关
- GB 3906 3.6kV～40.5kV 交流金属封闭开关设备和控制设备
- GB/T 5599 机车车辆动力学性能评定及试验鉴定规范
- GB/T 7928 地铁车辆通用技术条件
- GB/T 8287.1 标称电压高于1000V系统用户内和户外支柱绝缘子 第1部分：瓷或玻璃绝缘子的试验
- GB/T 10411 城市轨道交通直流牵引供电系统
- GB/T 11022 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 11032 交流无间隙金属氧化物避雷器
- GB/T 14894 城市轨道交通车辆组装后的检查与试验规则
- GB/T 20840.7 互感器 第7部分：电子式电压互感器
- GB/T 21413 轨道交通 机车车辆电气设备
- GB/T 21413.1 轨道交通 机车车辆电气设备 第1部分：一般使用条件和通用规则
- GB/T 21413.4 轨道交通 机车车辆电气设备 第4部分：电工器件 交流电路器规则
- GB/T 21414 轨道交通 机车车辆 电气隐患防护的规定

GB/T 21561.1 轨道交通 机车车辆受电弓特性和试验 第1部分：干线机车车辆受电弓

GB/T 21561.2 轨道交通 机车车辆受电弓特性和试验 第2部分：地铁与轻轨车辆受电弓

GB/T 21562 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

GB/T 24338.3 轨道交通 电磁兼容 第3-1部分：机车车辆 列车和整车

GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备

GB/T 25117 轨道交通 机车车辆 牵引系统组合试验方法

GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置

GB/T 25120 轨道交通 机车车辆牵引变压器和电抗器

GB/T 25122.1 轨道交通 机车车辆用电力变流器 第1部分：特性和试验方法

GB/T 25123.2 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第2部分：电子变流器供电的交流电动机

GB/T 25123.4 电力牵引 轨道机车车辆和公路车辆用旋转电机 第4部分：与电子变流器相连的永磁同步电机

GB/T 25890 轨道交通 地面装置 直流开关设备

GB/T 28029 轨道交通电子设备 列车通信网络（TCN）

GB/T 37532 城市轨道交通市域快线 120km/h~160km/h 车辆通用技术条件

GB/T 43022 轨道交通 直流避雷器和电压限制装置

GB/T 44991 轨道交通 机车车辆制成后投入使用前的试验方法

GB 55033 城市轨道交通工程项目规范

TB/T 1484.2 机车车辆电缆 第2部分：30KV 单相电力电缆

TB/T 3492 机车车辆电气设备高压隔离开关和接地开关

TB/T 3077 机车车辆车顶绝缘子

TB 10624 市域（郊）铁路设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

双流制轨道交通 Rail transit systems with dual traction power supply modes

采用两种牵引供电制式（如 AC25kV 和 DC1500V），列车在不同线路段通过不同供电制式的牵引供电系统授电运行的轨道交通系统。

3.2

双流制车辆 Dual-current system railway vehicles

双流制轨道交通（见 3.1）中，运行在标准轨距轨道上，具备在 AC25kV-50Hz 和 DC1500V 供电下工作的轨道交通车辆，以下简称车辆。

3.3**双流制列车 Trains with dual traction power supply system modes**

双流制轨道交通（见 3.1）中，通过双流制牵引供电系统授电，能在双流转换区段两侧运行的列车。

3.3**双流受电弓 Dual-current system pantograph**

适用于交直流两种不同供电制式的受电弓。

3.4**双流切换开关 Conversion switch (CS)**

双流制车辆（见 3.2）中，双流制列车中，进行两种制式牵引供电系统转换的车载操作机构。

3.5**双流牵引系统 Traction system with dual traction power supply modes**

从双流制牵引供电系统受电，通过（交-）直-交系统，在双流转换区段（见 3.6）两侧线路为双流制车辆（见 3.2）提供牵引动力的牵引系统。

3.6**双流转换区段 Mode conversion sections for dual traction power supply systems**

双流制轨道交通（见 3.1）中，列车行驶过程中完成预告、减载、断电、切换、恢复动力等动作，实现不同供电制式转换的线路区段。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AC: 交流电 (Alternating Current)

AW0: 车辆载荷状态为空车 (Urban Rail Vehicle Load Is Empty)

AW1: 车辆载荷状态为满座 (Urban Rail Vehicle Load Status Is Full)

AW2: 车辆载荷状态为定员 (Urban Rail Vehicle Load Status For Rated Load)

AW3: 车辆载荷状态为超员 (Urban Rail Vehicle For Fullload)

IGBT: 绝缘栅双极晶体管 (Insulated Gate Bipolar Transistor)

TCMS: 列车控制和管理系统 (Train Control and Management System)

V: 速度 (Speed)

5 总体要求

5.1 使用条件

5.1.1 环境条件应符合下列规定：

- a) 海拔：小于等于 1200 m；
- b) 环境温度：-25 ℃至 45 ℃；
- c) 相对湿度：月平均最大相对湿度为 90%,同时该月月平均最低温度不高于 25 ℃；
- d) 有风、沙、雨、雪、雾等的天气；
- e) 车辆应能耐受酸雨的长期侵蚀，以及清洗时清洁剂的作用；
- f) 地震烈度：最高动峰值加速度为 0.3 g；
- g) 最大风速：一般年份 15 m/s，偶有 33 m/s。

5.1.2 线路及车站条件应符合下列规定：

- a) 线路轨距为 1435 mm；
- b) 最小竖曲线半径为 2000 m；
- c) 平面圆曲线最小曲线半径应符合表 1 的规定；

表 1 线路平面圆曲线最小曲线半径

单位：米

线路		一般情况	困难情况
正线	$V \leq 80 \text{ km/h}$	300	250
	$80 \text{ km/h} < V \leq 160 \text{ km/h}$	500	350
联络线、出入线		150	150
车场线		150	150

注：除同心圆曲线外，曲线半径应以 10m 的倍数取值。

As 车的车场线曲线半径困难情况可满足 110 mm。

- d) 最大坡度（线路设计标准）：
 - 1) 区间正线坡度不宜大于 30‰；洞口以内 100m 及露天地面线和高架线不宜大于 35‰；
 - 2) 过渡段位于长大坡度地段时，宜采取防雨雪措施，坡度不宜大于 30‰；
 - 3) 交流段区间正线坡度不宜大于 30‰，困难地段可采用 35‰，地下车站一般 2‰，困难可设在不大于 3‰的坡道上，折返线、停车线隧道一般为 2‰（面向车挡）；
 - 4) 各种最大坡度值均不应计入各种坡度折减值。线路长大陡坡地段，不与平面小曲线半径重叠。
- e) 站台高度符合 GB 55033 或 TB 10624 的规定。

5.1.3 供电条件应符合下列规定：

- a) 供电制式：
 - 1) AC 25 kV/50 Hz；
 - 2) DC 1500 V。
- b) 供电电压符合 GB/T 1402，主要参数见表 2；

表 2 标称电压值及接触网允许电压波动限值

单位：伏特

	标称电压值	最低非持续电压	最低持续电压	最高持续电压	最高非持续电压
交流方均根值	25000	17500	19000	27500	30500
直流平均值	1500	1000	1000	1800	1950

- c) 受流方式采用由车辆受电弓从架空接触网受流的方式；
- d) 供电系统中的牵引变电所、接触网及供电保护装置应符合 GB/T 10411 的有关规定；
- e) 分相供电区参数应与车辆受电弓设置的数量和受电弓间距匹配；
- f) 交直流转换供电系统分离区长度不小于车辆最远两受电弓的距离并留一定的安全余量；
- g) 列车过分相区/过交直流切换区方式：
 - 1) 手动方式；
 - 2) 自动方式。

5.1.4 列车在与城市轨道交通线路贯通运营时，行车方向应与贯通运营线路保持一致。

5.1.5 检修库设三相交流 380 V/50 Hz 或 DC 1500 V、以及 DC110 V 电源和适应既有列车供电制式的设施，供整备、维护、检修使用。

5.2 一般要求

5.2.1 车辆主体结构及主要部件使用寿命应不低于 30 年，地面主要设施的使用寿命应不低于 30 年。

5.2.2 车辆限界应符合 GB/T 146.1 以及具体贯通线路限界的要求。

5.2.3 车辆动力学性能应符合 GB/T 5599 的规定。

5.2.4 车辆电气装置和设备的设计和制造应符合 GB/T 21414 的有关规定。

5.2.5 车辆电气设备应符合 GB/T 21413 的有关规定。

5.2.6 车辆电子设备应符合 GB/T 25119 的有关规定。

5.2.7 列车动拖比应根据启动加速度、制动减速度、旅行速度、故障运行能力等因素确定，动拖比可根据具体线路需求进行动态变换。

5.2.8 车辆的构造速度应不低于交流工况下的车辆最高运行速度的 1.1 倍。

5.2.9 列车的起动加速度、制动减速度、紧急制动减速度以及在交直流供电工况下的纵向冲击率等相关要求应符合 GB/T 37532 或 GB/T 7928 的相关规定。

- 5.2.10 车辆各种设备的冲击振动试验应符合 GB/T 21563 中的有关规定或相关的国际标准规定。
- 5.2.11 车辆密封性能应符合 GB/T 37532 的规定。
- 5.2.12 车辆噪声的测量在交流和直流工况下均应符合 GB/T 37532 的规定。
- 5.2.13 在交直流工况下，列车应具有下列故障运行能力及救援能力见表 3。

表 3 故障运行能力及救援能力

序号	分类	动拖比	主要内容
1	故障运行能力	1:1	列车在超员状态，损失 1/4 动力，列车可在最大坡道起动，完成一个单程运行。
		2:1	列车在超员状态，损失 1/2 动力，列车可在最大坡道起动，运行至最近车站，清客后返回车辆段。
2		3:1	列车在超员状态，损失 1/6 动力，列车能以正常运行方式完成当天运营。
			列车在超员状态，损失 1/3 动力，列车可在最大坡道起动，完成一个单程运行。 列车在超员状态，损失 1/2 动力，列车可在最大坡道起动，运行至最近车站，清客后返回车辆段。
3	坡道救援能力		空载列车可将另一列停在最大坡道的超员列车，牵引（或推送）至临近车站。 空载列车可将另一列停在最大坡道的空载列车，牵引（或推送）回车辆段。

- 5.2.14 列车应满足自动过分相和手动过分相的要求，列车应满足自动过交直流系统分离区的要求。
- 5.2.15 接地系统的设计应能够同时满足交流和直流工况下的工作回流和保护接地要求。
- 5.2.16 车辆及部件的可靠性、可用性、可维修性和安全性应符合 GB/T 21562 的有关规定。
- 5.2.17 车辆及部件应具有良好的电磁兼容性，具体要求应符合 GB/T 24338.3 和 GB/T 24338.4 的规定。
- 5.2.18 车辆组装后投入使用前的检查和试验，试验方法按照 GB/T 44991 和 GB/T 14894 的规定进行试验标准执行。涉及到与既有线路互联互通的试验内容，需根据具体情况确定。

6 双流制车辆

6.1 高压系统

- 6.1.1 高压设备应符合 GB/T 21413.1 的相关要求，其中：

- a) 雷电冲击耐受电压不小于 185 kV；
- b) 爬电距离不小于 1000 mm；
- c) 电气间隙不小于 310 mm；
- d) 绝缘子的结构高度不小于 400 mm。

6.1.2 双流受电弓

- 6.1.2.1 双流受电弓是车辆从架空接触网线汲取电流的设备，应满足 GB/T 21561.1 及 GB/T 21561.2

的相关要求。

6.1.2.2 滑板在受电弓工作高度范围内的静态接触力应分别满足交直流不同供电环境的要求。

6.1.2.3 受电弓绝缘子技术性能满足 TB/T 3077 要求，其中，绝缘子及受电弓的结构高度及安装尺寸应按照标称电压为 AC 27.5 kV 校核。

6.1.2.4 受电弓滑板的容量应根据该材质允许的电流密度计算。静止时负载对受电弓和接触线不应有过热损害；按照其运用的不同交直流供电环境中最大电流等级校核。

6.1.3 双流切换开关

6.1.3.1 双流切换开关用于不同供电模式之间的转换控制。车辆在不同供电制式环境中运行时，双流切换开关接通相应触头以实现车辆不同供电制式供电的切换。

6.1.3.2 双流切换开关应符合 GB/T 1985 和 TB/T 3492 的规定。

6.1.3.3 双流切换开关的载流量以及电压等级应以其控制的不同供电制式中的最大值进行校核。

6.1.4 直流避雷器

6.1.4.1 直流避雷器应符合 GB/T 43022 的规定。

6.1.4.2 车辆电路中应设直流避雷器，防护等级不低于 IP65。

6.1.4.3 当出现雷电或者操作过电压时，直流避雷器泄放浪涌电流，将过电压（残压）限制在设备安全范围的同时，通过内部保护装置快速断开车辆高压供电，从而保护车辆直流系统免于过电压的损害，起到保护列车的作用。

6.1.4.4 当交流电窜入直流高压回路时，直流避雷器应具备短时间限压保护，并通过保护电路切断车辆直流回路。

6.1.5 主断路器

6.1.5.1 主断路器应采用真空断路器，符合 GB/T 21413.4 的要求。

6.1.5.2 主断路器应能同时通过直流和交流电流，当直流电窜入交流回路系统时，真空断路器应具备短时间承受直流过流的能力。

6.1.6 其他高压部件

6.1.6.1 其他高压部件包含网压、网流检测装置、交流避雷器、高压线缆及其附件等。

6.1.6.2 网压、网流检测装置应适应交流及直流供电环境，符合 GB/T 20840.7 的规定，满足在不同供电环境中正常工作的要求。

6.1.6.3 车顶每个受电弓附近安装交流避雷器，应符合 GB/T 11032 的规定。

6.1.6.4 高压电缆应符合 TB/T 1484.2 的有关规定；

6.1.6.5 高压电缆连接器应符合 GB/T 21413.1。

6.1.6.6 为避免外界环境如酸雨、沙尘、雾霾等对高压器件的绝缘性能造成影响，延长高压部件的使用寿命，宜将高压器件集成在密封的箱体内部，在不影响车辆限界的情况下，宜采用高压箱方案。

6.2 双流牵引系统

6.2.1 系统组成

6.2.1.1 列车由两或三个相对独立的基本动力单元组成，每个基本动力单元应具有在不同供电制式下正常工作的能力，在基本动力单元中的电气设备发生故障时，可全部或部分切除该动力单元，但不应影响到其他动力单元的使用。

6.2.1.2 该系统每个动力单元由双流受电弓、交流避雷器、直流避雷器、双流切换开关等符合双流供电要求的部件，以及满足在单一供电制式下工作的牵引变压器、四象限整流模块、牵引逆变器、线路滤波器、牵引电动机等设备组成。

6.2.2 牵引供电

6.2.2.1 受电弓升起后，电压互感器采集接触网网压，并将接触网网压制式信号发给列车控制系统。列车控制系统对电压信号进行判别后控制双流切换开关切换动作，选择直流供电或交流供电。

6.2.2.2 双流牵引系统应满足在 AC 25 kV/50 Hz 和 DC 1500 V 供电制式下，均能正常工作的要求。其中，直流网压允许波动范围为 DC 1000 V~1800 V，最高非持续电压 DC 1950 V；交流网压允许波动范围为 AC 17.5 kV~31 kV，最高非持续电压 AC 31.5 kV。

6.2.2.3 牵引变压器和直流线路电抗器应符合 GB/T 25120 的规定。当直流电窜入交流回路系统时，牵引变压器应具备短时间承受直流过载的能力。

6.2.2.4 牵引变流器应符合 GB/T 25122.1 的规定。

6.2.2.5 牵引系统应完成交流和直流供电电压的组合试验。具体要求符合 GB/T 25117 的规定。

6.2.2.6 牵引电机应符合 GB/T 25123.2 或 GB/T 25123.4 的规定。

6.2.3 牵引性能

6.2.3.1 列车电气牵引系统在直流区段采用牵引逆变器和异步/永磁电机构成的交流电传动系统；在交流区段采用牵引变压器—四象限整流器—牵引逆变器—异步/永磁电机构成的交流电传动系统。

6.2.3.2 基本的牵引力对速度的牵引特性曲线应由冲击率限制区、恒牵引力区、恒功率区、自然特性区组成；基本的制动力对速度的制动特性曲线应由冲击率限制区、恒功率区、恒制动力区组成；列车在交、直流工况下的牵引制动性能应能满足具体线路实际需求。

6.2.4 再生制动

6.2.4.1 车辆在不同供电制式下运行时，采用再生制动与空气制动结合的方式。

6.2.4.2 变流器优先进行再生制动，最大限度地能量反馈给其他车辆负载，当这些负载吸收不足时，

在直流工况下，由变电站的再生制动能量吸收装置吸收多余能量；在交流工况下，由接触网吸收多余的能量。

6.2.5 双流制保护

6.2.5.1 车辆在交直流转换时，牵引系统具备交直高压软件控制互锁保护功能，直流高压回路和交流高压回路的高压开关具备硬件互锁功能，当交直流高压回路切换失败或交直高压切换器件故障，直流高压窜入到交流高压回路中或交流高压窜入到直流高压回路中不会对高压回路中的器件造成损害。

6.2.5.2 当列车所处供电区间电网供电制式未知时，列车升弓后，未知供电制式电压不能直接接通交流系统回路和直流系统回路，待牵引系统确定网压制式后方可接通相应的高压系统回路。

6.2.6 双流制转换

6.2.6.1 牵引控制单元通过采集的供电网电压和线路信标位置判断列车在交流供电区间或直流供电区间，根据列车的速度和地面信标位置进行交、直流高压回路切换。

6.2.6.2 双流制切换过程中牵引系统实时对交高压设备和直流高压设备进行监控，交直流回路切换过程按照一定的时序控制交直流高压设备，高压设备切换后牵引系统根据信标的位置对高压设备状态进行二次确认。

6.2.6.3 根据列车所处的不同供电区间牵引变流器切换不同工作模式，交直流不同工作模式下牵引逆变器和牵引电机交直流共用，牵引逆变器根据不同输入电压控制牵引电机发挥对应的牵引力和制动力。

6.3 列车控制和管理系统

6.3.1 一般规定

6.3.1.1 TCMS 应符合 GB/T 28029 和 GB/T 25119 的规定。

6.3.1.2 TCMS 负责列车的控制、监视和诊断，为列车各子控制系统和模块提供实时控制信号，并应具备对各子系统的监控、故障诊断和记录功能。应具备自检功能并显示自检结果。

6.3.1.3 列车总线和车辆总线应根据传输距离和冗余需求进行设计，与列车运行及安全相关的功能应有冗余措施。

6.3.2 控制指令传递原则

6.3.2.1 在信号车载设备列车自动运行模式下，列车控制指令由信号系统传递给网络系统，再由网络传递给各控制单元。

6.3.2.2 人工驾驶模式下，列车控制指令由司机通过司机台发出并传递给网络，再由网络传递给各控制单元。

6.3.2.3 网络系统故障情况下由司机控制器通过硬线把列车控制指令传递给各控制单元。

6.3.3 双流转换控制

- 6.3.3.1 在列车自动运行模式下，车辆应具备与双流转换区段信号设备双向通信的功能。
- 6.3.3.2 在列车自动运行模式下，车辆通过交直流转换区时，按照信号系统发送的指令进行转换提示、断主断路器、完成转换、重新牵引等动作。
- 6.3.3.3 在列车人工驾驶模式下，车辆通过双流转换区段时，司机通过司机台按钮、手柄、开关等部件发出控制指令，网络系统根据收到的断/合主断路器指令、司控器位置等信息控制车辆通过双流转换区段。
- 6.3.3.4 交直流转换控制应针对转换期间可能发生的转换失败工况制定相应的保护策略。应包含但不限于以下条款：
- a) 交、直流供电过压、过流保护。当车辆检测到交、直流供电的电压超过设计的保护阈值时，应及时断开车辆供电；
 - b) 交、直流供电互锁保护。当车辆主电路从交、直流电源中的某一种电源受流工作时，应设计相应的互锁电路，确保同时从另一种电源受流，及时断开电源供电，保证车辆安全；
 - c) 交、直流检测不一致保护，当车辆检测到的电源性质与当前主电路不匹配时，应设计相应的保护逻辑，及时切断车辆供电，当电源性质与当前主电路匹配时，允许车辆正常工作。

6.4 司机操作布置

- 6.4.1 司机室内应设置双流制操作相关的按钮、开关、旋钮等操作部件，这些部件应包含与双流制控制相关的功能。
- 6.4.2 模式选择开关，用于车辆通过双流转换区段时，选择以自动或人工操作的方式进行交直流转换。
- 6.4.3 网压选择开关，用于车辆通过双流转换区段，以人工操作的方式进行交直流转换时，选择车辆双流切换开关档位。

6.5 互联互通要求

- 6.5.1 双流制车辆应具有在 DC1500V 供电的线路与 AC25kV 供电线路上贯通运行的能力。
- 6.5.2 车载信号系统应满足在两条线路贯通运行的能力，可以接收及响应地面控制中心发出的控制指令，并及时对指令给出反馈。车载信号系统检测到故障时，应具有及时向两条线路的地面控制中心反馈故障信息的能力。
- 6.5.3 双流制车辆的牵引、制动性能宜与互联互通线路运行的车组保持一致，其中，车辆在互联互通线路坡道上的爬坡能力宜与既有车辆保持一致。
- 6.5.4 双流制车辆的车辆限界、轴重应满足互联互通线路的限界、轴重要求。
- 6.5.5 双流制车辆应具有应对不同线路的疏散方式，宜采用与互联互通线路运行车辆相同的疏散方式。
- 6.5.6 双流制车辆限界及屏蔽门尺寸设置应与既有线路保持一致。
- 6.5.7 车载乘客信息系统应满足在两条线路贯通运行的能力，可以实现上传及下载两条线路的服务信息，并及时在车辆显示终端展示给乘客。

6.6 救援

- 6.6.1 双流制车辆的救援能力应与既有线路车辆保持一致，可以实现互相救援。
- 6.6.2 联挂端车钩的高度、机械接口、管路接口应与既有线路车辆保持一致，在救援的工况下，能够实现救援车与被救援车辆间相互连接。
- 6.6.3 双流制车辆救援连接器中，应包含车辆制动施加、缓解功能，广播功能等功能。
- 6.6.4 若车辆完全停在系统分离区内，可通过地面接触网带电的方式配合车辆实现救援。

7 双流转换设施

7.1 一般要求

- 7.1.1 双流转换设施应技术成熟、安全可靠，满足环保、节能要求，便于维修。
- 7.1.2 双流转换设施电气设备应符合 GB/T 1985、GB/T 8287.1、GB/T 11022、GB/T 25890、GB 3906、GB 311.1 的相关要求。

7.2 双流转换接触网设备

7.2.1 交直流转换段接触网分段设备

交直流转换段接触网系统隔离区分段设备采用分相绝缘器，由若干个分相绝缘器组合而成，分相绝缘器与接触线接头处应过渡平滑，使受电弓通过时无硬点。分相绝缘器应满足受电弓在交直流转换区最大速度下双向平滑通过，并具有良好的消弧性能。

7.2.2 电动隔离开关

系统分离区设置隔离开关以实现接地保护、误停车时救援等功能，隔离开关采用电动隔离开关并能实现远动控制。系统分离区的电动隔离开关额定电压均应按照 AC 27.5 kV 选取。

7.3 一体化交直流自动切换装备

- 7.3.1 一体化交直流自动切换装置适用于 AC 27.5 kV、DC 1500 V 有电压无负荷时电路的分合闸使用或 AC 27.5 kV、DC 1500 V 两个独立供电区域的隔离或联络。
- 7.3.2 一体化交直流自动切换装置设备应能适应户外安装，操作机构宜采用电动，并应具备电动、手动两种操作方式，且电动机构与手动机构之间有可靠的电气闭锁。
- 7.3.3 一体化交直流自动切换装置内电动隔离开关须提供开关状态、供电状态、故障等接点信号，并能通过变电所综合自动化系统或车场接触网隔离开关集中监控系统上传并实现远程控制功能。

7.4 双流转换区段标志标识

- 7.4.1 双流转换区应根据车辆的转换动作过程、交-直流接触网及系统分离区位置设置转换区预告标

识、惰行标识、交-直流切换标识、系统分离区预告标识、系统分离区标识、交流接触网标识、直流接触网标识等。

7.4.2 考虑故障时人工进行双流转换操作，应根据人工交-直流转换操作规程并结合双流制列车主电路、受电弓和回流设计参数设置断、合及 T 断标识。

8 专用检修设施及装备

8.1 限界检测车

8.1.1 限界检测车应适用于交流段、直流段、双流转换区段的限界检测。

8.1.2 限界检测车可考虑新能源或内燃等自带动力，具体可根据项目情况确定。

8.1.3 限界检测车宜具备自动数据采集、存储、分析和告警功能。

8.2 智能检修运维设施

车辆应配置受电弓在线监测系统和走行部在线监测系统；车辆段建有轨旁检测系统，包括受电弓检测、踏面擦伤检测、轴温检测和轮对外形尺寸检测等；应包含地面智能分析系统，智慧运维管理平台，立体仓储管理系统等，用于支撑智能检修及运维设施。

8.3 试验线

8.3.1 车辆制造厂内或车辆段内宜设置可切换供电制式的双流制试验线。

8.3.2 宜根据车辆段地理位置确定试验线长度，并能满足交直流转换的基本需求。

8.3.3 车辆的试验限速宜与试验线长度相匹配。

8.3.4 转换段应实现两种供电制式供电，宜采用同一时间内同时具有交、直流供电，也可以在不同的时段分别采用交流或直流供电。